

Requested Patent: JP2050236A
Title: CACHE CONTROL SYSTEM AND INFORMATION PROCESSING SYSTEM
Abstracted Patent: JP2050236
Publication Date: 1990-02-20
Inventor(s): NOZAWA MASASHI; others: 05
Applicant(s): HITACHI LTD
Application Number: JP19880200877 19880811
Priority Number(s):
IPC Classification: G06F12/08
Equivalents: JP1942637C, JP6077245B

ABSTRACT:

PURPOSE: To always maintain an optimum cache operation mode and to effectively use a cache memory by providing learning function to automatically switch the cache operation mode in correspondence to the operating condition of each cache operation mode.

CONSTITUTION: In a controller 3 providing a cache memory 26 which is interposed between a host processor 1 and an external memory 2 and stores a part of data in the external memory 2, the learning function is provided to equip the plural cache operation modes and to automatically switch the cache operation mode in correspondence to the operating condition of each cache operation mode. Thus, it is exactly judged whether the operating condition of the present cache operation mode is suitable or not and the cache operation mode is automatically switched to the other cache operation mode, which is more suitable, as necessary. Then, even when an access pattern from the host processor 1 is changed momentarily, the optimum cache operation mode is always maintained and the cache memory can be effectively used.

BEST AVAILABLE COPY

⑫ 公開特許公報(A)

平2-50236

⑮ Int. Cl.⁵

G 06 F 12/08

識別記号

3 2 0

B

庁内整理番号

7010-5B
7010-5B

⑬ 公開 平成2年(1990)2月20日

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全11頁)

⑭ 発明の名称 キャッシュ制御方式および情報処理システム

⑯ 特 願 昭63-200877

⑰ 出 願 昭63(1988)8月11日

⑱ 発 明 者 野 沢 正 史 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所小田原工場内

⑱ 発 明 者 中 野 俊 夫 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所小田原工場内

⑱ 発 明 者 倉 野 昭 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所小田原工場内

⑱ 発 明 者 白 柳 芳 朗 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所小田原工場内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑳ 代 理 人 弁理士 筒井 大和
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

キャッシュ制御方式および情報処理システム

2. 特許請求の範囲

1. 上位処理装置と外部記憶装置との間に介在し、

前記外部記憶装置のデータの一部を記憶するキャッシュメモリを備えた制御装置において、複数のキャッシュ動作モードを備え、個々のキャッシュ動作モードの稼働状況に応じて前記キャッシュ動作モードを自動的に切り替える学習機能を具備したことを特徴とするキャッシュ制御方式。

2. 前記上位処理装置からのアクセス回数および現在選択されているキャッシュ動作モードが有効もしくは無効に働いた回数を計数する複数のカウンタを備え、複数の前記カウンタの各々における計数値または複数の前記カウンタの各々における計数値の相互間の演算によって得られる統計情報の値により前記稼働状況を評価して、複数の前記キャッシュ動作モードを自動的に切

り替えるようにしたことを特徴とする請求項1記載のキャッシュ制御方式。

3. 複数の前記キャッシュ動作モードとして、少なくとも、前記上位処理装置からアクセスされたレコードに隣接する複数のレコードを前記キャッシュメモリ上にロードするロードモードと、前記上位処理装置からアクセスのあったレコードのみを前記キャッシュメモリ上にロードするレコードモードとを備えていることを特徴とする請求項1または2記載のキャッシュ制御方式。

4. 前記ロードモードの場合には、前記上位処理装置からのアクセス回数と、前記キャッシュメモリにロード後一回もアクセスされなかった回数とを計数するとともに、前記統計情報として両者の比率を算出し、当該統計情報が規定の閾値を超えたときに、他のキャッシュ動作モードに自動的に切り替えることを特徴とする請求項1～3記載のキャッシュ制御方式。

5. 前記レコードモードの場合には、前記上位処理装置からのアクセス回数と、前記キャッシュ

メモリにロード後隣接するレコードにアクセスされた回数とを計数するとともに、前記統計情報として両者の比率を算出し、当該統計情報が規定の閾値を超えたときに、他のキャッシュ動作モードに自動的に切り替えることを特徴とする請求項1～3記載のキャッシュ制御方式。

6. 前記外部記憶装置を複数の記憶領域に分割し、各々の記憶領域ごとに前記統計情報を採取して自動的に複数の前記キャッシュ動作モードを切り替えることを特徴とする請求項1～5記載のキャッシュ制御方式。

7. 上位処理装置と、外部記憶装置と、この上位処理装置と外部記憶装置との間に介在し、前記外部記憶装置のデータの一部を記憶するキャッシュメモリを備えた制御装置とからなる情報処理システムであって、複数のキャッシュ動作モードを備え、個々のキャッシュ動作モードの稼働状況に応じて前記キャッシュ動作モードを自動的に切り替える学習機能を具備したことを特徴とする情報処理システム。

りも高速なアクセスが可能な半導体メモリなどからなるキャッシュメモリを設け、磁気ディスク装置に格納されているデータの部分をこのキャッシュメモリに格納して中央処理装置側からのアクセスに应答することにより、磁気ディスク装置と中央処理装置との間の大きな動作速度の差異を緩和して、両者間におけるデータの授受を効率化することが一般的である。

その場合、中央処理装置側からアクセスされる目的のデータがキャッシュメモリ上に存在する確率、すなわちヒット率を可能な限り大きくすることがキャッシュメモリをより有効に機能させるなどの観点から重要であり、そのため従来から以下のような種々の技術が提案されている。

たとえば、特開昭55-154648号に開示される技術では、磁気ディスク装置の記憶領域を複数個に分割するとともに、その各々に応じて異なる動作モードを予め設定し、中央処理装置側からの入出力指令によって指定される記憶領域に対応した動作モードに切り替えるようにしてヒット

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、キャッシュ制御技術および情報処理技術に関し、特に、情報処理システムを構成する中央処理装置と外部記憶装置との間に介在する制御装置に設けられたキャッシュメモリの効率的な運用などに効果のある技術に関する。

(従来の技術)

たとえば、外部記憶装置として用いられる磁気ディスク装置などにおいては、比較的安価に大きな記憶容量を実現できるという利点はあるものの、記憶媒体である磁気ディスクの回転待ちやヘッドのシーク動作などに起因して、データの記録・再生などにおけるアクセス速度の向上には自ずと限界がある。

このため、外部記憶装置として磁気ディスク装置などを備えた汎用の電子計算機システムなどにおいては、中央処理装置と磁気ディスク装置との間に介在して両者間のデータの授受を制御する磁気ディスク制御装置などに、磁気ディスク装置よ

率の向上を図ろうとするものである。

また、たとえば、特開昭60-14360号に記載される技術では、ヒット/ミス等の統計データを制御装置で採集するとともに、当該統計データを上位装置に転送する手段を設け、これらの統計データに基づいてオペレータやシステム管理者が現在のキャッシュメモリの利用状態が最適否かを判断し、磁気ディスク装置からキャッシュメモリ上にロードされるデータの範囲すなわちキャッシュ対象範囲を適切に制御することにより上位装置側と磁気ディスク装置との間におけるデータの転送効率を向上させようとしている。

(発明が解決しようとする課題)

ところが、前者の従来技術においては、個々の記憶領域について見れば動作モードは固定であり、同一の記憶領域内において中央処理装置側からのアクセスパターンが経時的変動する場合にはキャッシュメモリの利用効率を最適に維持することができないという問題がある。

すなわち、同一の記憶領域に設けられたファイ

ルを、たとえばランダムなアクセスが主なオンライン処理とシーケンシャルなアクセスが主なバッチ処理とで共用する場合などにおいては対応が困難となる。

また、後者の従来技術においては、磁気ディスク制御装置において得られた統計情報を判断するのがオペレータやシステム管理者であるため、業務により磁気ディスク装置へのアクセスパターンが異なるなどの場合、実行する業務に合わせて時々刻々とキャッシュ対象範囲を最適に制御することが事実上不可能であるという問題点がある。

そこで、本発明の目的は、外部からの介入を待つことなく、上位処理装置側から外部記憶装置側へのアクセスパターンの変動などに応じて自動的に最適なキャッシュ動作モードに切り替えることにより、キャッシュメモリを有効に活用することが可能なキャッシュ制御技術を提供することにある。

本発明の他の目的は、キャッシュメモリを介させた上位処理装置と外部記憶装置との間におけ

る情報の授受効率を向上させることが可能な情報処理システムを提供することにある。

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

〔課題を解決するための手段〕

本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下の通りである。

すなわち、本発明になるキャッシュ制御方式は、上位処理装置と外部記憶装置との間に介在し、外部記憶装置のデータの一部を記憶するキャッシュメモリを備えた制御装置において、複数のキャッシュ動作モードを備え、個々のキャッシュ動作モードの稼働状況に応じてキャッシュ動作モードを自動的に切り替える学習機能を具備したものである。

また、本発明になる情報処理システムは、上位処理装置と、外部記憶装置と、この上位処理装置と外部記憶装置との間に介在し、外部記憶装置のデータの一部を記憶するキャッシュメモリを備え

た制御装置とからなる情報処理システムであって、複数のキャッシュ動作モードを備え、個々のキャッシュ動作モードの稼働状況に応じてキャッシュ動作モードを自動的に切り替える学習機能を有するものである。

〔作用〕

上記した本発明のキャッシュ制御方式によれば、たとえば上位処理装置からのアクセス回数と現在選択しているキャッシュ動作モードが有効もしくは無効に働いた回数との比などとして得られる統計情報の値が規定の閾値を超えたか否かを監視することで現在のキャッシュ動作モードの稼働状況の適否を的確に判断し、必要に応じて他のより適したキャッシュ動作モードへ自動的に切替えることが可能となる。

これにより、たとえ上位処理装置からのアクセスパターンが時々刻々と変化しても、常時、最適なキャッシュ動作モードを維持してキャッシュメモリを有効に活用することができる。

また、上記した本発明の情報処理システムによ

れば、たとえば上位処理装置からのアクセス回数と現在選択しているキャッシュ動作モードが有効もしくは無効に働いた回数との比などとして得られる統計情報の値が規定の閾値を超えたか否かを監視することで現在のキャッシュ動作モードの稼働状況の適否を判断し、必要に応じて他のより適したキャッシュ動作モードへ自動的に切替えることができる。

これにより、たとえ上位処理装置からのアクセスパターンが時々刻々と変化する場合でも、常時、最適なキャッシュ動作モードを維持してキャッシュメモリを有効に機能させることが可能となり、キャッシュメモリが介在する上位処理装置と外部記憶装置との間における情報の授受効率を向上させることができる。

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を図面を引用しつつ説明する。

第1図は、本発明の一実施例であるキャッシュ制御方式の一例の動作を説明する概念図であり、

第2図はこのキャッシュ制御方式が適用される情報処理システムの一例の構成を示すブロック図である。

まず、第2図などにより、本実施例における情報処理システムの構成の概略を説明する。

たとえば、汎用の電子計算機などの一部を構成する中央処理装置(Central Processing Unit) 1(上位処理装置)と、外部記憶装置としての磁気ディスク装置2との間には、両者間におけるデータおよびコマンドなどの授受を制御するディスク制御装置3(制御装置)が介設されている。

前記中央処理装置1には、当該中央処理装置1と外部との間におけるデータおよびコマンドなどの授受を制御するチャンネル装置11が設けられている。

一方、ディスク制御装置3には、チャンネルインターフェイス制御部31およびデバイスインターフェイス制御32が設けられており、それぞれ、チャンネル装置11とディスク制御装置3との間におけるデータおよびコマンドの送り取り、および

ディスク制御装置3と磁気ディスク装置2との間におけるデータの送り取りなどを受け持っている。

さらに、このチャンネルインターフェイス制御部31とデバイスインターフェイス制御部32との間には、これらを制御するマイクロプロセッサ33と、当該マイクロプロセッサ33の制御プログラムなどが格納された制御メモリ34が設けられている。

また、チャンネルインターフェイス制御部31とデバイスインターフェイス制御部32とは、データバス35によって接続されている。

このデータバス35の一部には、たとえば磁気ディスク装置2よりもはるかに動作の高速な半導体メモリなどからなるキャッシュメモリ36が設けられている。

そして、磁気ディスク装置2に格納されているデータの中で、上位のチャンネル装置11を介して中央処理装置1からアクセスされる確率の高いものを予め複写しておき、このキャッシュメモリ36に格納されたデータによって上位の中央処理装

置1の側からのアクセス要求に応答することにより、高速のチャンネル装置11の側と動作の遅い磁気ディスク装置2との間におけるデータの授受の効率を高めるものである。

さらに、データバス35において、キャッシュメモリ36よりもデバイスインターフェイス制御部32により近い側には、データバッファ37が介設されており、デバイスインターフェイス制御部32と、キャッシュメモリ36およびチャンネルインターフェイス制御部31などとの間で授受されるデータが一時的に蓄えられるように構成されている。

また、キャッシュメモリ36およびデータバッファ37の動作は前記マイクロプロセッサ33によって制御されている。

一方、前記磁気ディスク装置2においては、第4図に示されるように、記憶媒体である複数の磁気ディスク21の各々の両面に同心円状に複数のトラック22が設けられており、各々のトラック22には第3図に示されるようにデータの記録単

位の一つであるレコードが複数個格納されている。

また、個々の磁気ディスク21の両面には、それぞれ磁気ディスク21の回転中心から距離が互いに等しい状態で当該磁気ディスク21の径方向に同時に同一方向に移動して、目的のトラック上への位置付け動作、すなわちシーク動作を行う複数の図示しないヘッドが対向して配置されており、この図示しないヘッドを介して任意のトラック22に対する前記レコードなどのデータの記録・再生動作が行われる。

さらに、この複数のヘッドを磁気ディスク21の径方向に変位させることなしに、すなわち回転中心から等距離にあり、所要時間の長いシーク動作を行うことなくヘッドの選択操作のみで高速に連続したアクセスが可能な一群のトラック22によりシリンドラ23が構成されている。

そして、上位の中央処理装置1の側からの任意のレコードへのアクセスは、このシリンドラ23の番号、図示しないヘッドの番号(トラック番号)およびレコード番号などを指定して行われるもの

である。

この場合、キャッシュメモリ36には、第1図に示されるように、磁気ディスク装置2における複数のトラック22の任意の幾つかにそれぞれ対応する複数のトラックスロット361～367...が設けられており、磁気ディスク装置2の任意のトラック22に格納されているレコードRなどのデータが当該トラック22の場合と全く等価な記録形式でこのトラックスロット361～367...に随時複写(ロード)されるように構成されている。

これにより、上位のチャネル装置11の側からのアクセスに際して、キャッシュメモリ36に目的のデータが存在する場合には、磁気ディスク装置2との違いを意識することなく高速なアクセスが可能なるものである。

さらに、キャッシュメモリ36の内部におけるこれらの複数のトラックスロット361～367...は、キャッシュ管理テーブル4によって管理されている。

高速なアクセスが可能となり、一方、存在しない(以下、ミスと記す)場合には、直接に磁気ディスク装置2に対してアクセスを行うことになる。

このミスの場合には、たとえば、磁気ディスク装置2からチャネル装置11に読み出されるデータは同時にキャッシュメモリ36に複写され、次のアクセスに備えることとなるが、この複写に際しては、キャッシュメモリ36に設けられた複数のトラックスロット361～367...の中で最も古い時点でアクセスがあったもの、すなわち、キャッシュ管理テーブル4のLRU管理において最も順位の低い(OUT側)エントリ41に対応するものが選択されて当該複写作業のために開放され、複写直後のトラックスロットに対応するエントリ41をLRU管理の最上位(IN側)に位置づける操作が行われる。

すなわち、最近にアクセスされたデータは次にアクセスされる可能性が高いのでなるべく長くキャッシュメモリ36の内部に保持し、最も古い時点でアクセスされたデータが格納されているトラ

すなわち、キャッシュ管理テーブル4には個々のトラックスロットに対応する複数のエントリ41が設けられ、個々のエントリ41には個々のトラックスロットに格納されたデータの複写元のトラック22の磁気ディスク21における図示しない格納位置情報(シリンダ番号、トラック番号など)と、キャッシュメモリ36内におけるトラックスロットの格納位置を指す図示しないポイントなどが記録されている。

さらに、個々のエントリ41、すなわち個々のエントリ41に属する個々のトラックスロットはキャッシュ管理テーブル4においてLRU法(Less Recently Used law)により管理されている。

すなわち、上位の中央処理装置1からチャネル装置11を介して磁気ディスク装置2の所定のデータにアクセスの要求があった場合には、まず、前記キャッシュ管理テーブル4を検索してキャッシュメモリ36上に目的のデータがあるか否かが調べられ、存在する(以下、ヒットと記す)場合には、キャッシュメモリ36内のデータを用いた

トラックスロットを新しいデータの複写のために開放することによりヒット率の向上を図るものである。

また、本実施例の場合には、前述のようなミスの際に行われる磁気ディスク装置2からキャッシュメモリ36への所望のデータのロードの仕方などを規定するキャッシュ動作モードとして少なくとも次の2種類が設けられている。

すなわち、本実施例においては、第3図に示されるように、磁気ディスク装置2における任意のトラック22に格納されている複数のレコードのうち、任意のレコードRにアクセスがあった場合には、当該レコードRの後方に格納されているレコードに対するアクセスの確率が高いと見なして当該レコードR以降トラック終端部までのすべてのレコードをキャッシュメモリ36の所定のトラックスロットに複写するローディングモードと、複写の所要時間およびデータバス35の占有時間などを最小にするなどの観点からアクセスのあった当該レコードRのみを複写するレコードモードとが設定されている。

ここで、本実施例の場合には、前記キャッシュ管理テーブル4の複数のエントリ41の各々には、第1図に示されるように、当該エントリ41に属するトラックスロットに対するアクセスの際に後述の所定の条件に従ってインクリメントされるカウンタ41aと、当該トラックスロットにおける現在のキャッシュ動作モードを識別するモード識別情報41bとが記録されるように構成されている。

さらに、本実施例の場合には、磁気ディスク21において回転中心から等距離にある一群のトラック22(トラックスロット)を含む前述のシリンダ23の各々に対応する複数のエントリ51を有するシリンダ統計情報テーブル5が設けられており、個々のトラックスロットにおけるキャッシュ動作モードはこのシリンダ単位で管理されている。

すなわち、このシリンダ統計情報テーブル5の各々のエントリ51には、当該エントリ51に対応するシリンダ23の現在のキャッシュ動作モー

ドを記録するモード識別情報51aと、当該シリンダ23に対する全アクセス回数が記録されるアクセス回数記録部51bと、前記キャッシュ管理テーブル4におけるカウンタ41aの値などに基づいて後述の所定の契機に+1されるローディングモードカウンタ51cと、レコードモードカウンタ51dとが設けられている。

そして、本実施例では、アクセス回数記録部51bの値と、ローディングモードカウンタ51cまたはレコードモードカウンタ51dとの比の大小に応じて、個々のシリンダ23を単位として随時、前述のキャッシュ動作モードを切り替える操作が自動的に行われるものである。

以下、本実施例のキャッシュ制御方式の動作の一例を説明する。

上位の中央処理装置1は、チャネル装置11を介してディスク制御装置3にシリンダ番号、ヘッド番号(トラック番号)、レコード番号などを指示して磁気ディスク装置2に対するアクセスを要求する。

このとき、ディスク制御装置3は、シリンダ統計情報テーブル5の該当するシリンダ番号CYL#のアクセス回数記録部51bを+1し、さらに、指示されたシリンダ番号、トラック番号などにより、キャッシュメモリ36を検索し、目的のレコードを探す。

ここで、目的のレコードが見つからないとき、当該シリンダ23の現在のキャッシュ動作モードがローディングモードの場合には、中央処理装置1がアクセスを要求した目的のレコードR_nに引き続く後続のレコードR_{n+1}、R_{n+2}を、磁気ディスク装置2の該当するシリンダ番号およびトラック番号のトラック22から、LRU法によって管理される所定のたとえばトラックスロット362にロードするとともに、キャッシュ管理テーブル4の該当エントリ41のモード識別情報41bがローディングモードを示すようにする。

さらに、このロードと同時に、トラックスロットに格納した後に、要求されたレコードR_nをチャネル装置11に送出し、当該トラックスロ

ットに対応するキャッシュ管理テーブル4の該当エントリ41のカウンタ41aに初期値1をセットする。

そして、以降、当該トラックスロット362において後続のレコードR_{n+1}、R_{n+2}にアクセスがくれば、当該レコードR_{n+1}、R_{n+2}はキャッシュ内に保持されているので高速にアクセスされ、この時、ディスク制御装置3は、キャッシュ管理テーブル4における当該トラックスロット362に対応するエントリ41のモード識別情報41bがローディングモードであることをチェックし、ローディングモードであれば当該エントリ41のカウンタ41aを+1する。

したがって、現在ローディングモードにあるトラックスロット362は、ロードの契機となった先頭のレコードR_nで1回、後方のレコードR_{n+1}で1回の合計2回アクセスされたのでキャッシュ管理テーブル4のカウンタ41aの値は2となる。

つまり、本カウンタ41aにより対応する現在

ローディングモードにあるトラックスロットが何回アクセスされたかがわかる。

すなわち、1度しかアクセスされない場合（ロード時のみの場合）、カウンタは初期値1のままであり、たとえば同じローディングモードにあるトラックスロット365のカウンタ41aの値は1であるのでロードの契機となった先頭のR。しかアクセスされていないことがわかる。

いま、現在ローディングモードにあるトラックスロット365は、次に新しいデータがキャッシュ内にロードされる際に、キャッシュメモリ36から解放される（トラックスロット365にアクセスがきた場合を除く）位置にある、すなわち、当該トラックスロット365に対応するキャッシュ管理テーブル4のエントリ41のLRU法の順位が最下位にあるとする。

このとき、本実施例では、ローディングモードにある当該トラックスロット365が解放される際に、キャッシュ管理テーブル4において当該トラックスロット365に対応するエントリ41の

て、ローディングモードにより同一トラック内の複数のレコードを複写しても無駄であると判断し、キャッシュ動作モードを、現在のローディングモードからレコードモードに切り替える。

同時に、シリンダ統計情報テーブル5の当該シリンダ23に対応するエントリ51のアクセス回数記録部51bおよびローディングモードカウンタ51cをクリアする。

たとえば、第1図のシリンダ統計情報テーブル5において、シリンダ番号CYL#が248番のエントリ51においては、アクセス回数記録部51bおよびローディングモードカウンタ51cの値がそれぞれ14および12であり、

$$X_L = 12 / 14 \approx 0.85$$

となって、 X_L が規定の0.8を越えているので動作モードの変更が必要であると判断される。

このため、ディスク制御装置3は、以後、当該シリンダ番号CYL#が248番のシリンダ23に属する1群のトラック22からキャッシュメモリ36へのロードは、レコードモードが不適と判

カウンタ41aが規定の値以下であるもの（本実施例の場合1）については、シリンダ統計情報テーブル5において当該トラックスロット365が属するシリンダ23のエントリ51にあるローディングモードカウンタ51cを+1する。

すなわち、シリンダ統計情報テーブル5におけるローディングモードカウンタ51cの値は、ローディングモードによるキャッシュメモリ36へのロード後、ロードの契機となった当該トラックスロットの先頭レコード以外のレコードには1度もアクセスがこないまま開放されたトラックスロットが当該シリンダ23の中に何本あるかを示すことになる。

そして、ディスク制御装置3は、当該シリンダ23にアクセスがくるたびにローディングモードカウンタ51cの値のアクセス回数記録部51bの値に対する割合 X_L を求める。

そして、この割合 X_L がある規定の割合を超えていた場合（本例の場合0.8）、磁気ディスク装置2からキャッシュメモリ36へのロードに際し

断されるまでレコードモードで行う。

一方、上位の中央処理装置1の側からアクセス要求のあったシリンダ23が現在レコードモードの場合、まず、ディスク制御装置3は、前述のローディングモードの場合と同様にシリンダ統計情報テーブル5の該当するシリンダ番号CYL#のアクセス回数記録部51bを+1した後、指示されたシリンダ番号、トラック番号、レコード番号などにより、キャッシュメモリ36を検索し、目的のレコードを探す。

ここで、現在レコードモードにあるトラックスロット367において、当該トラックスロット367に対応するトラック22における後続レコードR_{next}に対するアクセスの場合、キャッシュメモリ36上に目的のレコードR_{next}は存在しないので、磁気ディスク装置2の該当トラック22からキャッシュメモリ36へロードしなければならない。

この際に、本実施例のディスク制御装置3はシリンダ統計情報テーブル5の当該トラックが属す

るシリンダ23に対応するエントリ51のレコードモードカウンタ51dを+1する。

すなわち、任意のシリンダ23に対応するエントリ51のレコードモードカウンタ51dは、レコードモードによって当該シリンダに属する1群のトラック23の任意の一つから単一レコードのみをキャッシュメモリ36にロードしたが、当該レコードと同一トラック上にある後続レコードがアクセスされ、レコードモードによるロードでは不充分であった回数を示している。

そして、当該シリンダにアクセスがくるたびにレコードモードカウンタ51dの値のアクセス回数記録部51bの値に対する割合 X_0 を求め、この割合 X_0 がある規定の値を超えていた場合(本例の場合では0.6)、キャッシュ動作モードを現在のレコードモードからローディングモードに自動的に切り替える。

同時に、シリンダ統計情報テーブル5の当該シリンダ23に対応するエントリ51のアクセス回数記録部51bおよびレコードモード51dをク

リアする。

たとえば、第1図のシリンダ統計情報テーブル5のシリンダ番号CYL#が249番のエントリ51においては、現在のアクセス回数記録部51bおよびレコードモードカウンタ51dの値がそれぞれ13および8であり、

$$X_0 = 8 / 13 \approx 0.62$$

となって、 X_0 が規定の値0.6を超えているのでキャッシュ動作モードを変更する必要がある。

したがって、ディスク制御装置3は、以後、シリンダ番号CYL#が249番のシリンダ23に属するトラック23からキャッシュメモリ36へのロードを、ローディングモードが不適と判断されるまでローディングモードで行う。

このように、本実施例においては、キャッシュ管理テーブル4の個々のエントリ41に設けられたカウンタ41a、モード情報部41b、さらにはシリンダ統計情報テーブル5の各々のエントリ51に設けられたアクセス回数記録部51b、ローディングモードカウンタ51c、レコードモード

カウンタ51dなどに基づく統計情報によって把握される、個々のキャッシュ動作モードの稼働状況に応じて、臨機応変に、ディスク制御装置3がシリンダ23などを単位として、ローディングモードとレコードモードとの間でキャッシュ動作モードを自動的に切り替える学習機能を有しているので、中央処理装置1の側からの磁気ディスク装置2に格納されたデータに対するアクセスパターンが、種々の事情によって時々刻々と変化としても、人手の介入を受けることなく、常に、最適なキャッシュ動作モードを維持することが可能となる。

これにより、キャッシュメモリ36を常時、最大限に有効に活用することができる。

また、これにより、中央処理装置1と磁気ディスク装置2およびディスク制御装置3などからなる情報処理システムにおいて、中央処理装置1と磁気ディスク装置2との間におけるデータの授受の効率が大幅に向上する。

以上本発明者によってなされた発明を実施例に

基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

たとえば、上記の実施例では、磁気ディスク装置が1つのディスク制御装置によって制御される場合について説明したが、これに限らず、複数の磁気ディスク制御装置から制御されるようにしてもよい。その場合、統計情報は各ディスク制御装置間で共有される。

また、上記の実施例では、磁気ディスク装置およびディスク制御装置などで構成される磁気ディスクサブシステムが1つの中央処理装置に接続されているが、複数中央処理装置に共有されるようにしてもよいことは言うまでもない。

さらに、上記の本実施例ではキャッシュ動作モードおよび統計情報をシリンダ単位で管理する場合について説明したが、これに限らず、ボリュームもしくはデータセット単位で管理してもよい。

また、キャッシュ動作モードとしては、前記実

施例中に例示されたものに限らないことは言うまでもない。

〔発明の効果〕

本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記の通りである。

すなわち、本発明になるキャッシュ制御方式によれば、上位処理装置と外部記憶装置との間に介在し、前記外部記憶装置のデータの一部を記憶するキャッシュメモリを備えた制御装置において、複数のキャッシュ動作モードを備え、個々のキャッシュ動作モードの稼働状況に応じて前記キャッシュ動作モードを自動的に切り替える学習機能を具備しているので、たとえば上位処理装置からのアクセス回数と現在選択しているキャッシュ動作モードが有効もしくは無効に働いた回数との比などとして得られる統計情報の値が規定の閾値を超えたか否かを監視することで現在のキャッシュ動作モードの稼働状況の適否を判断し、必要に応じて他のより適したキャッシュ動作モードへ自動的に

に切替えることが可能となる。

これにより、たとえ上位処理装置からのアクセスパターンが時々刻々と変化しても、常時、最適なキャッシュ動作モードを維持してキャッシュメモリを有効に活用することができるという効果がある。

また、本発明の情報処理システムにおいては、上位処理装置と、外部記憶装置と、この上位処理装置と外部記憶装置との間に介在し、前記外部記憶装置のデータの一部を記憶するキャッシュメモリを備えた制御装置とからなる情報処理システムであって、複数のキャッシュ動作モードを備え、個々のキャッシュ動作モードの稼働状況に応じて前記キャッシュ動作モードを自動的に切り替える学習機能を具備しているので、たとえば上位処理装置からのアクセス回数と現在選択しているキャッシュ動作モードが有効もしくは無効に働いた回数との比などとして得られる統計情報の値が規定の閾値を超えたか否かを監視することで現在のキャッシュ動作モードの稼働状況の適否を判断し、

必要に応じて他のより適したキャッシュ動作モードへ自動的に切替えることができる。

これにより、たとえ上位処理装置からのアクセスパターンが時々刻々と変化するような場合でも、常時、最適なキャッシュ動作モードを維持してキャッシュメモリを有効に機能させることが可能となり、キャッシュメモリが介在する上位処理装置と外部記憶装置との間における情報の授受効率を向上させることができるという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例であるキャッシュ制御方式の一例の動作を説明する概念図、

第2図はこのキャッシュ制御方式が適用される情報処理システムの一例の構成を示すブロック図、

第3図は本発明の一実施例であるキャッシュ制御方式におけるキャッシュ動作モードを説明する概念図、

第4図は外部記憶装置の構成の一例を示す概念図である。

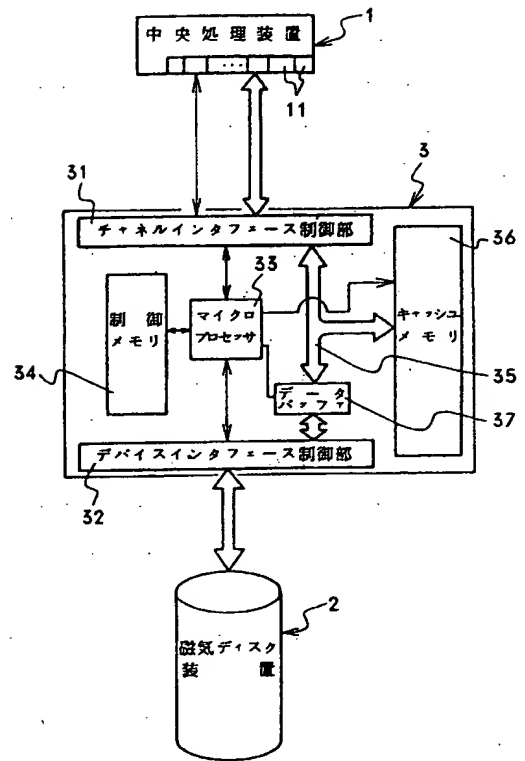
1・・・中央処理装置(上位処理装置)、11

・・・チャネル装置、2・・・磁気ディスク装置(外部記憶装置)、21・・・磁気ディスク、22・・・トラック、23・・・シリンドラ、3・・・ディスク制御装置、31・・・チャネルインターフェイス制御部、32・・・デバイスインターフェイス制御部、33・・・マイクロプロセッサ、34・・・制御メモリ、35・・・データバス、36・・・キャッシュメモリ、361～367、・・・トラックスロット、37・・・データバッファ、4・・・キャッシュ管理テーブル、41・・・エントリ、41a・・・カウンタ、41b・・・モード識別情報、5・・・シリンドラ統計情報テーブル、51・・・エントリ、CYL#・・・シリンドラ番号、51a・・・モード識別情報、51b・・・アクセス回数記録部、51c・・・ローディングモードカウンタ、51d・・・レコードモードカウンタ、51cの値のアクセス回数記録部51bの値に対する割合、Xa・・・レコードモードカウンタ51dの値のアクセス回数記録部51

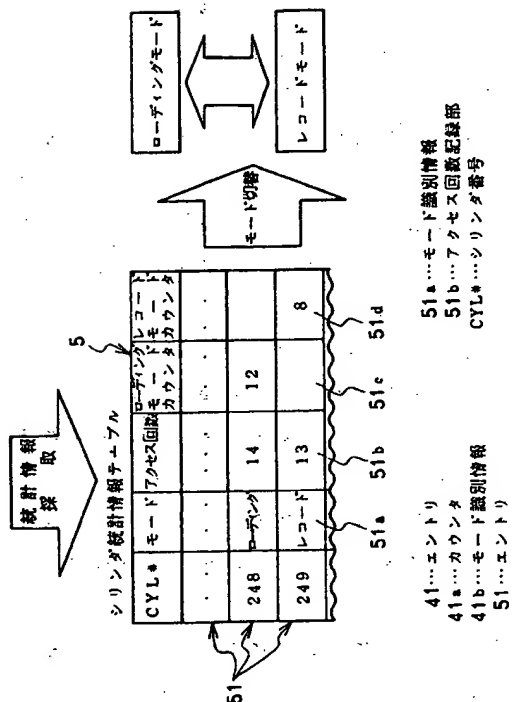
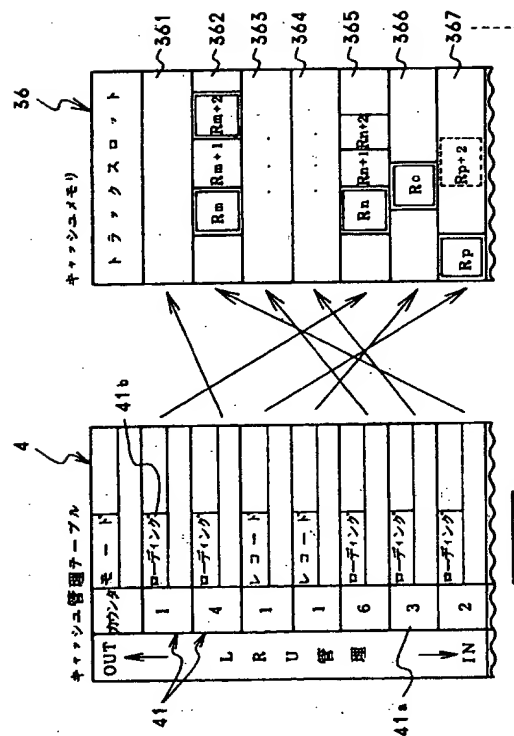
bの値に対する割合、 $R_a \sim R_n, \dots, R_n \sim R_n$ 、
、 $R_n, R_p \sim R_p, \dots$ レコード。

代理人 弁理士 筒井大和

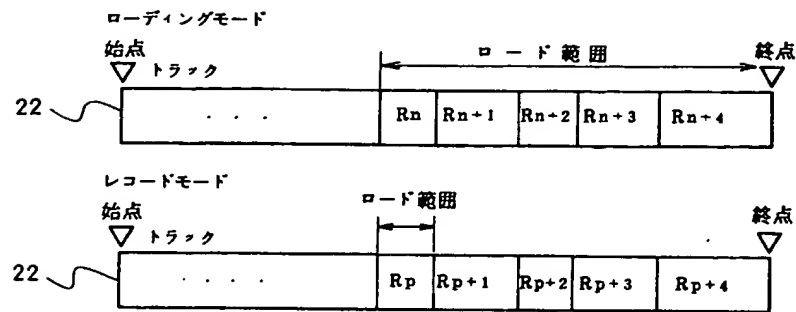
第2図



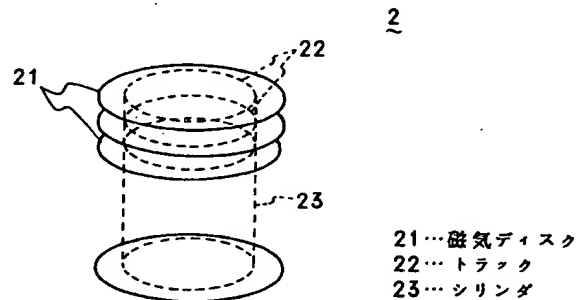
第1図



第 3 図



第 4 図



第 1 頁の続き

⑦発明者	北 嶋	弘 行	神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内
⑧発明者	山 本	彰	神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.